

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 99-06-80123).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горовой-Шолтан В.А. Труды НИИ аэроинститута. Л., 1932.
2. Зимкин Н.В. Физиологическая характеристика силы, быстроты и выносливости. М., 1956.
3. Брикс З.Н. В сб.: «Возрастная морфология и физиология». «Известия АПН РСФСР». 1967. № 142.
4. Камчатова Л.Л., Лисенкова В.П. Сб.: «Экспериментальная и прикладная психология». Ученые записки ЛГУ. 1968. № 341.
5. Любомирский Л.Е. Управление движениями у детей и подростков. М., 1974.
6. Киселев С.Ю., Гизуллина А.В., Сурнин В.А. Компьютерные методики изучения времени сенсомоторных реакций у детей дошкольного возраста // Журн. высш. нерв. деят. 1996. Т. 46. № 1.
7. Klimt F. Die Reaktionszeit auf optische Signale bei 4-bis 9 jährigen Kindern // «Arch. Kinderheilkunde». Bd. 179. 1969. H. 1.

О.Е. Сурнина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗРАСТНОЙ ДИНАМИКИ РИТМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Ритмические движения занимают важнейшее место в жизнедеятельности животных, являясь неотъемлемой составной частью сложных форм двигательной активности. Но в жизни человека ритмические движения приобретают совершенно иной чем у животных аспект — социальный. Произвольная ритмика широко представлена в разных формах деятельности, начиная с игровой. У взрослого человека она становится основой многих профессий и включается в различные технологические процессы. Поэтому способность к точному воспроизведению заданного ритма можно рассматривать как профессионально значимое качество при профотборе и профориентации.

По мере освоения двигательного навыка одна система двигательного контроля сменяется другой. Так, на начальных этапах обучения ведущая роль принадлежит коре, а на завершающих этапах, контроль почти полностью переходит к подкорковым структурам. Существенную роль здесь играет влияние мозжечка через красное ядро и ретикулоспинальный тракт [1]. С возрастом у человека устанавливается ритм, который он предпочитает всем остальным. Это связано не только с типологическими особенностями, но и с психологическими характеристиками человека. Усредненные значения оптимального ритма, полученные разными авторами, сильно варьируют. Так, по данным Б.В. Ермолаева и К.Г. Габриеляна оптимальный ритм у взрослых испытуемых составлял 100 и 200 уд./мин. [2]. А.И. Федотчев и А.Т. Бондарь отмечают, что период оптимального ритма равен 0,82 с, то есть 73,2 удара в минуту [3].

Многие авторы полагают, что удобный темп и предпочитаемый ритм связаны с эндогенными ритмами, определяемыми внутренними пейсмейкерами. Предпочитаемый ритм может быть кратным средней частоте α -ритма ЭЭГ покоя [4], частоте сердечных сокращений [5; 6], а восприятие и воспроизведение музыкальных ритмов сопровождается произвольными движениями головы, рук, ног или даже качанием всего тела [7].

Поскольку ритмическая деятельность связана с функционированием различных структур мозга, характеризующихся гетерохронностью

своего развития, то можно ожидать, что с возрастом ритмическая деятельность становится более устойчивой во времени, и человек может наращивать ее темп. Действительно, при исследовании ритмической деятельности ног с помощью теппинг-теста у детей 4—6 лет было показано, что с возрастом тест выполняется быстрее [8].

Скорость выполнения теппинга зависит, по-видимому, и от степени выраженности функциональной асимметрии, развивающейся с возрастом. Так, М.Е.Курганская отмечает, что у детей, выполняющих теппинг-тест неведущей рукой, скорость меньше у тех, у кого мануальная асимметрия выражена сильнее. Скорость выполнения теста ведущей рукой не отличалась у право- и леворуких детей [9]. Процесс наращивания темпа, по-видимому, нельзя считать линейным, поскольку существуют данные, что способность к восприятию — воспроизведению более медленного темпа (30 уд./мин.) формируется позднее, чем к воспроизведению быстрого темпа (60 уд./мин.) [10]. В подростковом возрасте (12—13 лет) дети в большей степени отстают при воспроизведении заданного ритма и расходуют при этом больше энергии, чем в юношеском (16—17 лет) [11]. В пожилом возрасте ухудшается контроль за ритмической деятельностью, увеличивается частота заданного ритма, а при максимальном темпе увеличивается длительность межтактового интервала [12].

Определенный интерес представляет вопрос о различии ритмических движений у мужчин и женщин. Однако этот вопрос является слабо разработанным. В литературе удалось обнаружить лишь две работы, касающиеся данной темы. В одной указывается, что при выполнении теппинг-теста не обнаружено разницы между мальчиками и девочками 4—6 лет [8]. В другой работе в группе взрослых испытуемых женщины выполняли задания быстрее, чем мужчины [13]. Причины таких различий авторы не объясняют.

Определенную роль в воспроизведении ритма играет, очевидно, профессиональная подготовка. В литературе указывается, что люди с музыкальным образованием совершают меньше ошибок и более точно воспроизводят ритм [14]. Другим важным фактором, определяющим точность воспроизведения ритма, является наличие помех, особенно если они тоже носят ритмический характер. Здесь важно отношение частоты сигнала и частоты помех. Чем сложнее это отношение, тем хуже воспроизводится заданный ритм [15].

Таким образом, исходя из литературных данных, ясно, что воспроизведение ритма зависит от разных факторов, ведущим из которых выступает способность субъекта произвольно регулировать длительность своих собственных мышечных усилий. Результатом такой регуляции является ритмическое чередование сокращения и расслабления мышц. У взрослых испытуемых наличие такой способности очевидно и не подлежит сомнению. Выражена ли произвольная регуляция ритмических движений у детей, и если да, то отличается ли от взрослых и в какой степени? Рассмотрению этих вопросов и посвящено настоящее исследование.

Целью нашей работы явилось изучение динамики ритмических движений в зависимости от возраста. Были поставлены следующие задачи: 1) определить точность воспроизведения заданного ритма у испытуемых разных возрастных групп; 2) определить предпочитаемый ритм у этих же испытуемых; 3) выявить корреляционную связь между частотой сердечных сокращений и предпочитаемым ритмом в состоянии покоя и после физической нагрузки.

МЕТОДИКА

В опыте принимали участие испытуемые следующих возрастных групп: 1) дети 5—6 лет — 22 человека (11 мальчиков, 11 девочек); 2) 7—8 лет — 48 человек (28 мальчиков и 20 девочек); 3) дети 11—12 лет — 47 человек (25 мальчиков и 22 девочек); 4) взрослые испытуемые без музыкального образования, главным образом студенты Уральского государственного университета, 17—25 лет — 50 человек (25 мужчин и 25 женщин); 5) взрослые испытуемые с музыкальным образованием — студенты музыкального факультета Уральского педагогического университета и студенты Уральской государственной консерватории — 30 человек (12 мужчин и 18 женщин).

Эксперимент проводился по специально разработанной компьютерной методике и состоял из трех серий. Перед каждой серией на экране появлялся текст инструкции. В случае необходимости давались дополнительные разъяснения.

В 1-й серии испытуемому предлагалось прослушать 11 звуковых сигналов с частотой 1 сигнал в секунду и постараться сразу же воспроизвести этот ритм как можно точнее, нажимая на клавишу «пробел» (в памяти компьютера фиксировалось 11 реакций).

Поскольку в эксперименте ставилась задача найти корреляционную связь между частотой сердечных сокращений и предпочитаемым ритмом, то перед началом 2-й серии на лучевой артерии испытуемого с помощью ручного секундомера регистрировалась частота пульса (уд./мин.). В этой серии испытуемый должен был нажимать на клавишу в удобном для него ритме, сохраняя равенство интервалов между сигналами.

Перед началом 3-й серии испытуемому предлагалась физическая нагрузка в виде 25 интенсивных приседаний для взрослых и 17 — для детей. После чего сразу же замерялся пульс. Затем испытуемый вновь должен был нажимать на клавишу в удобном для него ритме. Между сериями предоставлялся перерыв в 2—3 минуты.

В каждой серии у каждого испытуемого вычислялась частота ритмических движений (уд./сек) и размах ее вариации. В каждой возрастной группе вычислялось среднее значение частоты ритма, коэффициент и размах вариации частоты ритма, а во 2-й и 3-й сериях рассчитывался коэффициент корреляции Пирсона между частотой сердечных сокращений и частотой ритма.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты 1-й серии представлены в табл. 1.

Таблица 1

**ЧАСТОТА ВОСПРОИЗВОДИМОГО РИТМА (УД./СЕК)
В РАЗНЫХ ГРУППАХ ИСПЫТУЕМЫХ (1 СЕРИЯ)**

Испытуемые	$f \pm \sigma_f$	σ	V, %	f_{\min}	f_{\max}	Размах вариации
5—6 лет	1,16±0,16	0,38	33,1	0,83	2,32	1,49
7—8 лет	1,09±0,07	0,23	21,1	0,49	3,24	2,74
11—12 лет	1,03±0,02	0,07	6,7	0,63	1,82	1,19
Взрослые	1,06±0,04	0,15	14,2	0,77	1,22	0,45
Взрослые, музыканты	0,96±0,03	0,07	7,3	0,75	1,10	0,35

Примечание: $f \pm \sigma_f$ — среднее значение частоты ритма с доверительным интервалом; σ — стандартное отклонение; V — коэффициент вариации; f_{\min} и f_{\max} — минимальные и максимальные значения частоты в группе.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что частота воспроизводимого ритма в среднем мало зависит от возраста и профессиональной подготовки. Даже дети 5—6 лет способны достаточно точно воспроизводить заданный ритм. Это дает основание полагать, что механизмы, базирующиеся на произвольной двигательной активности и обеспечивающие воспроизведение ритма, формируются в раннем онтогенезе.

В то же время коэффициент вариации этого показателя сильно отличается у разных испытуемых. Минимум его значения обнаруживается у детей 11—12 лет и музыкантов, что характеризует их как наиболее аккуратных исполнителей. Максимальное значение — у дошкольников, что, по-видимому, отражает, с одной стороны, несовершенство механизмов, обеспечивающих эту форму движения, с другой — несформированность высших психических функций (внимания, контроля за текущей деятельностью и т.д.). Размах же вариации в группах детей остается больше, чем у взрослых испытуемых. Увеличение размаха вариации обусловлено высокими максимальными значениями ритма.

Во 2-й серии эксперимента испытуемые продуцировали удобный (произвольный) ритм. Предварительно у них измерялась частота сердечных сокращений. Результаты этой серии отражены в *табл. 2*.

Таблица 2

**ЧАСТОТА ПРОИЗВОЛЬНОГО РИТМА
В РАЗЛИЧНЫХ ГРУППАХ ИСПЫТУЕМЫХ (2-Я СЕРИЯ)**

Испытуемые	ЧСС (уд./мин.)	$f \pm t \sigma_f$	σ	V, %	f_{\min}	f_{\max}
5—6 лет	86	$1,58 \pm 0,23$	0,56	35,2	0,68	2,73
7—8 лет	91	$1,86 \pm 0,17$	0,55	29,6	0,19	2,27
11—12 лет	75	$1,14 \pm 0,09$	0,33	29,0	0,28	3,89
Взрослые	86	$1,74 \pm 0,35$	1,26	72,4	0,93	1,64
Взрослые, музыканты	83	$1,55 \pm 0,30$	0,81	52,2	0,40	3,87

Примечание: обозначения те же, что в *табл. 1*

По сравнению с 1-й серией у всех испытуемых увеличивается частота продуцируемого ритма: у дошкольников она увеличивается на 36,2 %, у младших школьников — на 70,6 %, у детей 11—12 лет — на 10,7 %, у взрослых — на 64,2 %, у взрослых — музыкантов — на 61,5 %. У всех испытуемых, особенно у взрослых, возрастает и коэффициент вариации ритмических движений, что, по-видимому, отражает проявление индивидуального характера в стратегии субъекта. Причем, в основном увеличиваются максимальные значения частоты. Исключение составляют младшие школьники, у которых максимальное значение ритма снижается.

В этой серии мы определили связь частоты сердечных сокращений с предпочитаемым ритмом. Одним из показателей такой связи может служить отношение предпочитаемого ритма к частоте сердечных сокращений ($f/\text{ЧСС}$) [5; 6], другим — коэффициент корреляции Пирсона между ними.

Поскольку частота сердечных сокращений традиционно выражается как число ударов в минуту, то для корректного сравнения частота предпочитаемого ритма была переведена в уд./мин. Значения отношений $f/\text{ЧСС}$ и коэффициентов корреляции (r) между ними представлены в *табл. 3*.

ЗНАЧЕНИЯ $f/\text{ЧСС}$ И ГВО 2-й СЕРИИ

	Испытуемые				
	5—6 лет	7—8 лет	11—12 лет	Взрослые	Взрослые, музыканты
$f/\text{ЧСС}$ Γ	1,1 0,22	1,23 -0,38*	0,92 -0,28	1,21 -0,02	1,12 0,21

Примечание: * отмечена статистически значимая корреляция ($p \leq 0,05$).

Полученные нами отношения частот лежат в пределах 0,9—1,2. Это отчасти подтверждает гипотезу М. Ivanago, согласно которой испытуемые предпочитают ритм, находящийся с частотой сердечных сокращений в кратных отношениях (1; 1,5; 2) [5; 6]. Однако анализ данных в группе взрослых музыкантов показал, что лишь у 30 % испытуемых отношение $f/\text{ЧСС}$ составляет приблизительно 0,5; у 16 % — 1,0; у 7 % — 1,5; у 10 % — 2,0. У остальных испытуемых (37 %) эти соотношения были иными. На наш взгляд такой метод не является достаточно наглядным, так как и у самого автора эти показатели в сумме составляли 35 % испытуемых — музыкантов [5]. Поэтому более надежными являются результаты корреляционного анализа, учитывающие индивидуальные значения каждого испытуемого.

Полученные в нашем исследовании коэффициенты корреляции свидетельствуют о том, что в большинстве случаев эти две величины — частота сердечных сокращений и частота предпочитаемого ритма — не коррелируют друг с другом. Исключение здесь составляет группа младших школьников. Отрицательная корреляция у них свидетельствует об относительном уменьшении произвольного ритма, несмотря на высокие значения частоты сердечных сокращений. Это, на наш взгляд, можно объяснить влиянием ритма, заданного в 1-й серии, ориентируясь на который дети занижали удобный ритм.

Обратимся к данным 3-й серии, в которой после физической нагрузки испытуемым предлагалось нажимать на клавишу в удобном ритме.

Таблица 4

ЧАСТОТА ПРОИЗВОЛЬНОГО РИТМА ПОСЛЕ НАГРУЗКИ (3 СЕРИЯ)

Испытуемые	ЧСС (уд./мин.)	$f \pm t \sigma_f$	σ	V, %	f_{\min}	f_{\max}
5—6 лет	110	$1,94 \pm 0,25$	0,59	30,3	1,07	3,40
7—8 лет	133	$2,43 \pm 0,29$	0,94	38,7	0,18	4,33
11—12 лет	117	$1,39 \pm 0,21$	0,71	51,1	0,17	2,88
Взрослые	121	$2,13 \pm 0,38$	1,37	64,3	1,35	5,52
Взрослые, музыканты	112	$1,68 \pm 0,27$	0,73	43,5	0,65	3,60

Примечание: обозначения те же, что в табл. 1

Как и во 2-й серии, здесь регистрировалась частота сердечных сокращений. Результаты этой серии представлены в табл. 4.

В 3-й серии у всех испытуемых увеличивается как частота сердечных сокращений, так и частота произвольного ритма. Относительное их увеличение в % по сравнению со 2-й серией отражено на рисунке.

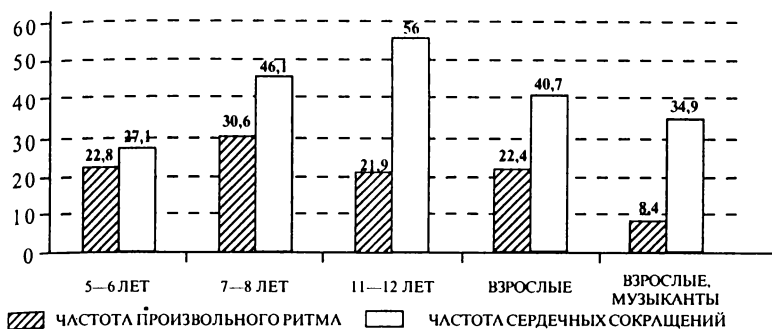


Рис. 1. Увеличение частоты предпочитаемого ритма и частоты сердечных сокращений (в %) после нагрузки (3-я серия)

Нетрудно заметить, что больше всего частота сердечных сокращений увеличивается у детей 11—12 лет, в то время как частота произвольного ритма больше увеличивается у младших школьников. Ни в одной из групп не видно соответствия в изменении частоты сердечных сокращений и частоты произвольного ритма. Показателем такой связи, как указывалось выше, является коэффициент корреляции. Его значения составили: для дошкольников — 0,22; для 7—8-летних детей — 0,15; для 11—12-летних — 0,35; для взрослых испытуемых — 0,04; для музыкантов — 0,31.

У большинства испытуемых корреляционная связь между указанными показателями оказалась статистически недостоверной. Лишь у детей 11—12 лет увеличение частоты сердечных сокращений приводит к значимому увеличению и частоты произвольного ритма ($t_{\text{табл.}} = 0,29$ при $p \leq 0,05$). Повидимому, дети этого возраста, с одной стороны, способны быстро перестраивать свою двигательную активность в соответствии с инструкцией, а последнюю прочно удерживать в памяти. С другой стороны их ритмическая двигательная активность сопряжена с эндогенными ритмами.

В этой серии, по сравнению с предыдущей, у школьников возрастает коэффициент вариации частоты предпочитаемого ритма. Это можно интерпретировать таким образом, что в этом режиме у разных детей включаются разные дополнительные механизмы, обеспечивающие ритмические движения. Именно разная их природа определяет высокий коэффициент вариации. У остальных испытуемых в 3-й серии коэффициент вариации меньше, чем во 2-й. По-видимому, у них в условиях нагрузки в реализацию двигательной программы не только не включаются дополнительные механизмы, но происходит сокращение их числа, что и обусловило меньший разброс данных.

Из литературы известно, что музыканты более точно воспроизводят ритм и совершают меньше ошибок [14]. Результаты наших исследований оказались аналогичными. В 1-й серии взрослые испытуемые в среднем одинаково точно воспроизводят ритм, но студенты - музыканты обладают меньшим размахом вариации, коэффициентом вариации и стандартным отклонением, чем испытуемые без музыкального образования. Во 2-й серии среднее значение частоты ритма в обеих группах взрослых испытуемых также не отличалось друг от друга, но опять же коэффициент вариации и стандартное отклонение у музыкантов мень-

ше. В 3-й серии эта тенденция сохраняется. Все это позволяет предположить, что профессиональная подготовка имеет определенное значение в формировании и устойчивости функциональных систем, предназначенных для осуществления ритмической деятельности.

Таким образом, полученные нами данные позволяют представить следующую картину. Независимо от возраста и профессиональной подготовки испытуемые в среднем достаточно точно воспроизводят заданный ритм. Механизм воспроизведения ритма в целом формируется, по-видимому, в дошкольном возрасте. Однако у детей 5—6 лет он остается недостаточно устойчивым.

При переходе на удобный ритм его частота увеличивается у всех испытуемых, одновременно увеличивается и коэффициент вариации. Это отражает, по-видимому, своеобразие, индивидуальность функциональных систем, обеспечивающих ритмические движения у различных групп испытуемых. Однако вряд ли испытуемые при продуцировании ритма ориентируются на частоту сердечных сокращений, хотя, казалось бы, именно этот эндогенный ритм, как наиболее доступный, мог бы стать надежной основой для такой деятельности.

После физической нагрузки увеличивается как частота сердечных сокращений, так и частота произвольных ритмических движений. При этом у школьников, очевидно, происходит перестройка функциональной системы, а именно, включение в нее дополнительных звеньев. Это обеспечивает эффективность ритмической деятельности после нагрузки и ее разнообразие у разных испытуемых. Включение таких дополнительных механизмов отражается на дальнейшем увеличении у школьников коэффициента вариации частоты произвольного ритма по сравнению со 2-й серией. У остальных испытуемых, наоборот, происходит совершенствование этой функциональной системы, избавление ее от лишних элементов и, как результат, уменьшение коэффициента вариации.

ВЫВОДЫ

1. Средняя частота воспроизводимого ритма не зависит от возраста и профессиональной подготовки, но при этом разброс индивидуальных данных у детей больше, чем у взрослых.

2. Частота предпочитаемого ритма после физической нагрузки увеличивается во всех возрастных группах.

3. Частота предпочитаемого ритма не коррелирует с частотой сердечных сокращений.

4. Профессиональная подготовка способствует устойчивости функциональной системы, обеспечивающей ритмическую деятельность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иоффе М.Е. Механизмы двигательного обучения. М., 1991.
2. Ермолаев Б.В., Габриелян К.Г. Моторная организация чувства ритма // Журн. высш. нерв. деятельности. 1993. Т. 43, вып. 5. С. 1018.
3. Федотчев А.И., Бондарь А.Т. Динамические и региональные особенности тонкой структуры ЭЭГ при произвольной деятельности // Журн. высш. нерв. деятельности. 1992. Т. 42, вып. 2. С. 277.
4. Мачинская Н.О. Функциональная организация мозга человека в состоянии направленного внимания // Тез. докл. XXVIII совещания по проблемам высшей нервной деятельности, 10—12 октября 1989 г. — Л., 1989. С. 242.

5. *Iwanago M.* Harmonic relationship between preferred tempi and heart rate // *Percept. and Motor Skills.* 1995. V. 81, № 1. P. 67.
6. *Iwanago M.* Relationship between heart rate and preference for tempo of music // *Percept. and Motor Skills.* 1995. V. 81, № 2. P. 435.
7. *Носуленко В.Н.* Психология слухового восприятия. М., 1988. 216 с.
8. *Gabbard C., Hart S.* Foot-tapping speed in children ages 4 to 6 years // *Percept. and Motor Skills.* 1993. V. 77. № 1. P. 91.
9. *Курганская М.Е.* Временные параметры тейпинга и мануальная асимметрия // *Физиология человека.* 1997. Т. 23. № 6. С. 40.
10. *Генезис сенсорных способностей /Под ред. Л.А. Вегнера. М., 1976. 256 с.*
11. *Букреева Д.П., Косилов С.А., Тамбиева А.П.* Возрастные особенности циклических движений у детей и подростков М., 1975. 149 с.
12. *Nagasaki H., Itoh H., Hashizuma K., Funura T., Marujama H., Kinugasa T.* Walking patterns and finger rhythm of older adults // *Percept. and Motor Skills.* 1996. V. 82. № 2. P. 435.
13. *Brogmus G.E.* Effects of age and sex on speed and accuracy of hand movements: And refinementsthey suggest for Fitt's law // *Proc Human Factors Soc. 35-th Annu. Meet, San Francisco, Calif., Sept. 2—6, 1991. V 1. Santa Monica (Calif.), 1991. P. 208.*
14. *Summers J.J., Rosenbaum D.A., Burns B.D., Ford S.K.* Production of polyrhythms // *J. of exp. psychology: Human perception and performance.* 1993. V. 19, № 2. P. 416.
15. *Treffner P.J., Turvey M.T.* Resonance constraints of rhythmic movement // *J. of exp. psychology: Human perception and performance.* 1993. V. 19, № 6. P.1221.

А.С.Кацман, А.В.Гизуллина, В.А.Лупандин

ПРОЯВЛЕНИЕ ДОМИНАНТНОСТИ ПОЛУШАРИЙ У ДЕТЕЙ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА

Вопрос о становлении асимметрии и доминантности полушарий в онтогенезе человека вызывает много споров. Доминантность полушарий, по мнению авторов, изучавших эту проблему, не является однозначной на протяжении всего периода онтогенеза. Существует достаточно большое количество данных, указывающих, что в детском возрасте правое полушарие развивается быстрее, чем левое и играет решающую роль в контроле за психическими функциями [6].

На кафедре психофизиологии Уральского государственного университета в течение двух лет проводились исследования, посвященные особенностям психических и психофизиологических функций детей препубертатного периода. При этом были получены данные, указывающие на проявление асимметрии в работе полушарий.

Цель представленной работы — выявление особенностей функционирования полушарий у детей 10—11 лет при исследовании психомоторных и психических реакций.

В процессе исследования использовались специально адаптированные для детей компьютерные методики, разработанные на кафедре психофизиологии УрГУ, дифференцированной реакции левой и правой руки (ДПР и ДЛР) и недифференцированной (НЛР и НПР) реакции на разные стимулы: фиксация времени реакции на движущийся объект (РДО), сопоставление времени. Кроме методик, описанных в литературе [3], в тестах, определяющих время реакции выбора, в качестве стимулов использовались низкий и высокий звуки, а также изображения слов «бабочка» и «бабушка». Устанавливалась также скорость простой недифференцированной реакции, для чего испытуемому предлагалось как можно быстрее нажимать сначала на левую